

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類6 H01L 33/00</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO98/42030</p> <p>(43) 国際公開日 1998年9月24日(24.09.98)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/01135</p> <p>(22) 国際出願日 1998年3月18日(18.03.98)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平9/65727 1997年3月19日(19.03.97) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)[JP/JP] 〒545-0013 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 Osaka, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 幡 俊雄(HATA, Toshio)[JP/JP] 〒631-0806 奈良県奈良市朱雀5丁目2の1 31の101 Nara, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 野河信太郎(NOGAWA, Shintaro) 〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満5丁目1-3 クオーター・ワンビル Osaka, (JP)</p>	<p>(81) 指定国 CN, JP, KR, US.</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書 補正書</p>	
<p>(54) Title: SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT</p> <p>(54) 発明の名称 半導体発光素子</p> <p>(57) Abstract</p> <p>A semiconductor light emitting element comprising a semiconductor layer which gives rise to a current blocking area and a current injecting area to the surface, a current blocking layer which is formed on the semiconductor layer for constituting the current blocking area, a pad electrode formed on the current blocking layer, and a light-transmissive electrode formed on the semiconductor layer for constituting the current injecting area, characterized in that the pad electrode has an electrode connecting section which is connected to the light-transmissive electrode. Since the occurrence of the cases where the injection of an electric current into the light emitting element becomes impossible due to the disconnection of the light-transmissive electrode and the increase of the resistance value of the light-transmissive electrode can be prevented, it becomes possible to produce a light emitting element which can operate excellently in a high yield.</p>		

表面に電流阻止領域と電流注入領域を与える半導体層と、前記電流阻止領域を構成させるために前記半導体層上に形成された電流阻止層と、該電流阻止層上に形成されたパッド電極と、前記電流注入領域を構成させるために前記半導体層上に形成された透光性電極とからなり、前記パッド電極が、透光性電極と連結する電極連結部を有することを特徴とする半導体発光素子。このような半導体発光素子により、透光性電極の断線による発光素子への電流注入不可や透光性電極の高抵抗化を防止することができ、良好に動作する発光素子を歩留まりよく作製することが可能となる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード (参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SN	セネガル
AM	アルメニア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
AT	オーストリア	GB	英国	LV	ラトヴィア	TD	チャド
AU	オーストラリア	GE	ジョージア	MC	モナコ	TG	トーゴ
AZ	アゼルバイジャン	GR	ギリシャ	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GM	ガンビア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BB	バレー	GN	ギニア	MK	マケドニア	TR	トルコ
BE	ベルギー	GW	ギニア・ビサウ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BG	ブルガリア	HR	クロアチア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
BH	バーレーン	HU	ハンガリー	MR	モリタニア	UG	ウガンダ
BJ	ベナン	ID	インドネシア	MW	マラウイ	US	米国
BR	ブラジル	IE	アイルランド	MX	メキシコ	VN	ベトナム
BS	バハマ	IL	イスラエル	NE	ニジェール	ZN	ウズベキスタン
CA	カナダ	IT	イタリア	NL	オランダ	ZW	ジンバブエ
CC	中東	JP	日本	NO	ノルウェー		
CF	中央アフリカ共和国	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド		
CG	コンゴ共和国	KR	韓国	PL	ポーランド		
CH	スイス	KZ	カザフスタン	PT	ポルトガル		
CI	コートジボワール	LA	ラオス	RO	ルーマニア		
CM	カメルーン	LC	セント・ルシア	RU	ロシア		
CN	中国	LI	リベリア	SE	スウェーデン		
CU	キューバ	LS	レソト	SG	シンガポール		
CY	キプロス			SK	スロバキア		
CZ	チェコ			SL	シエラレオネ		
DE	ドイツ						
DK	デンマーク						
EE	エストニア						
ES	スペイン						

FIG 1(a)

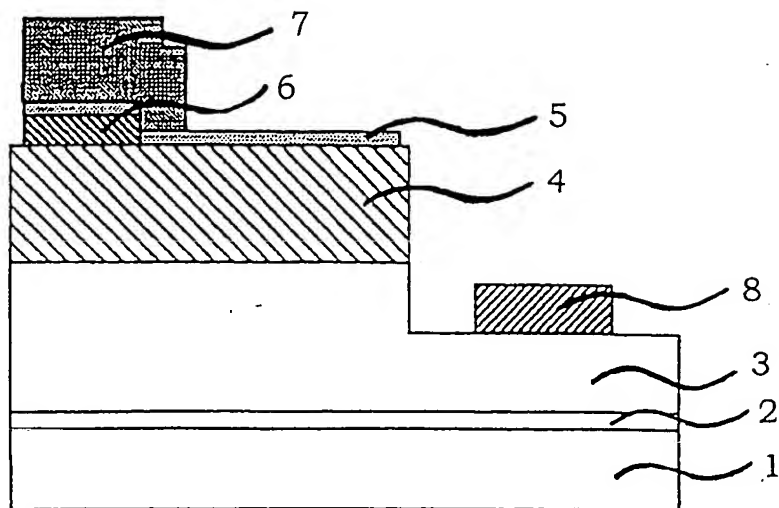
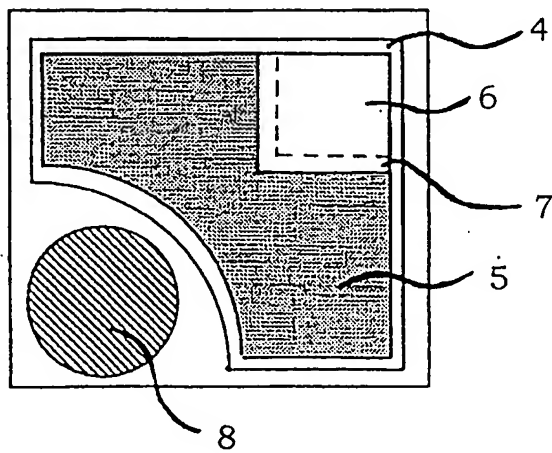
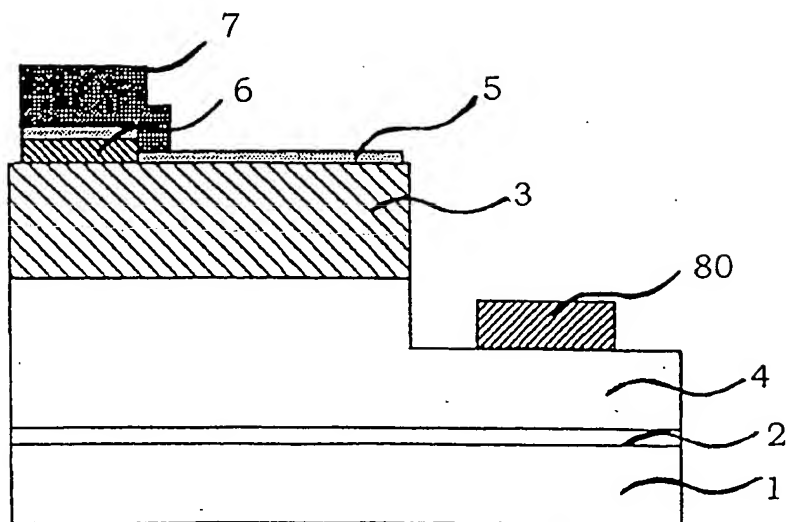


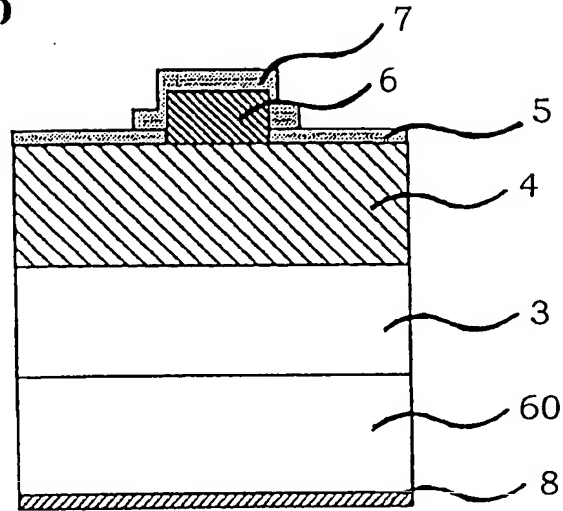
FIG 1(b)



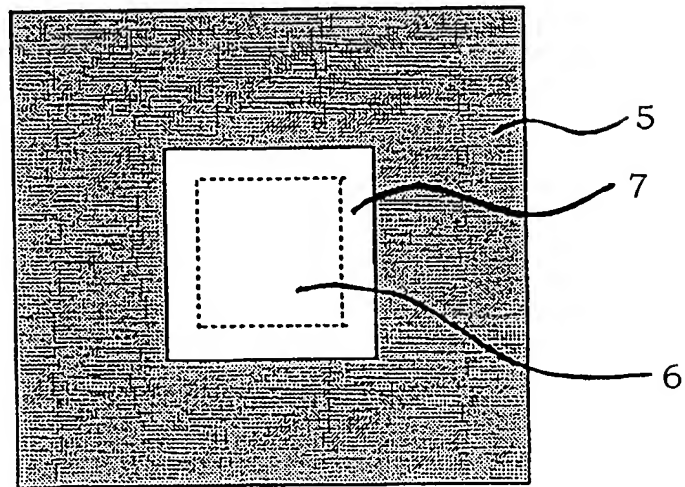
2



☒ 3(a)



☒ 3(b)



⊗ 4

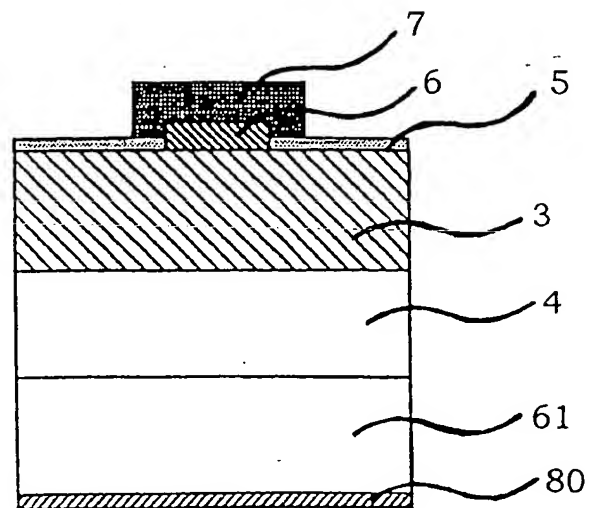


図 5

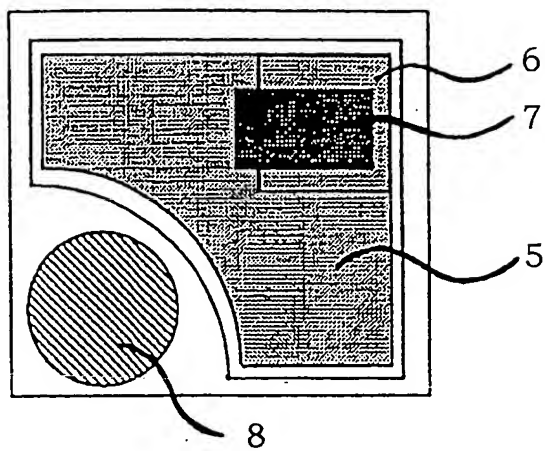
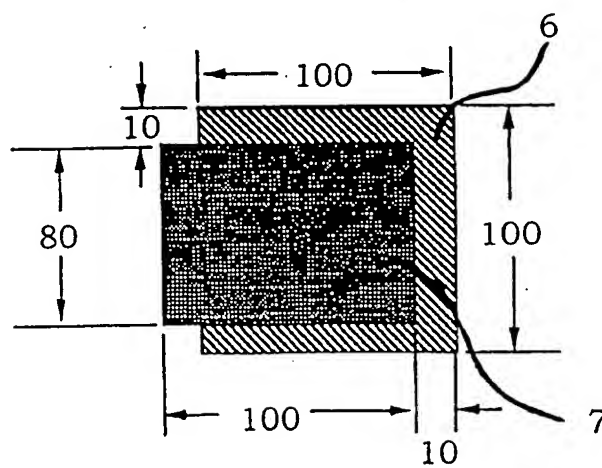


図 6



(数値の単位は μm)

図 7

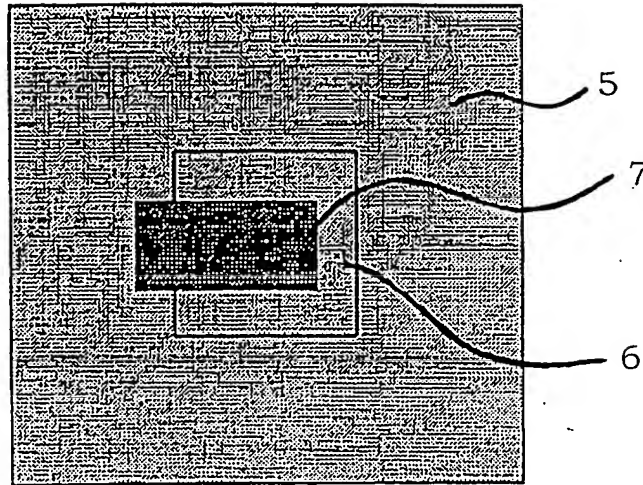
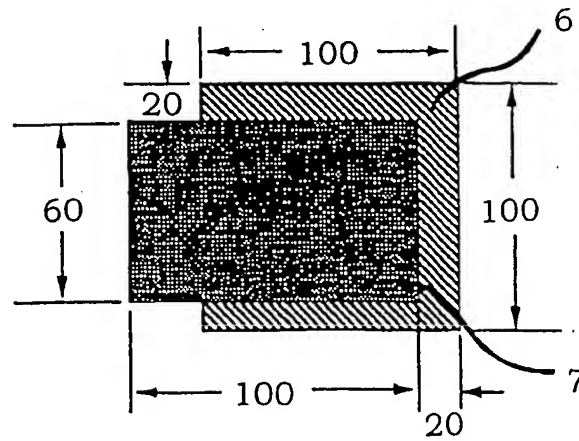


図 8



(数値の単位は μm)

図 9

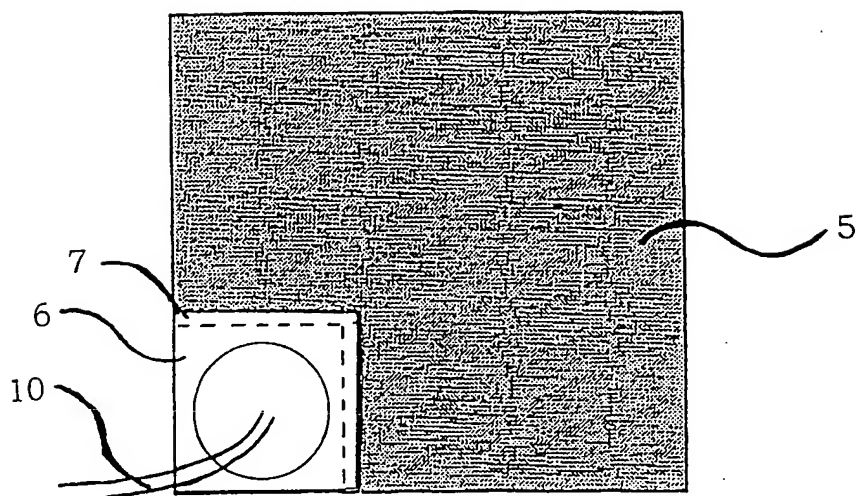
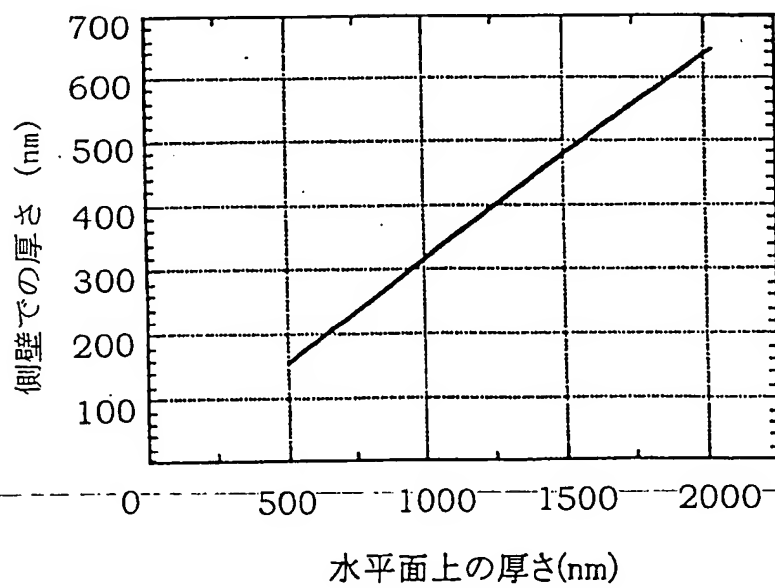
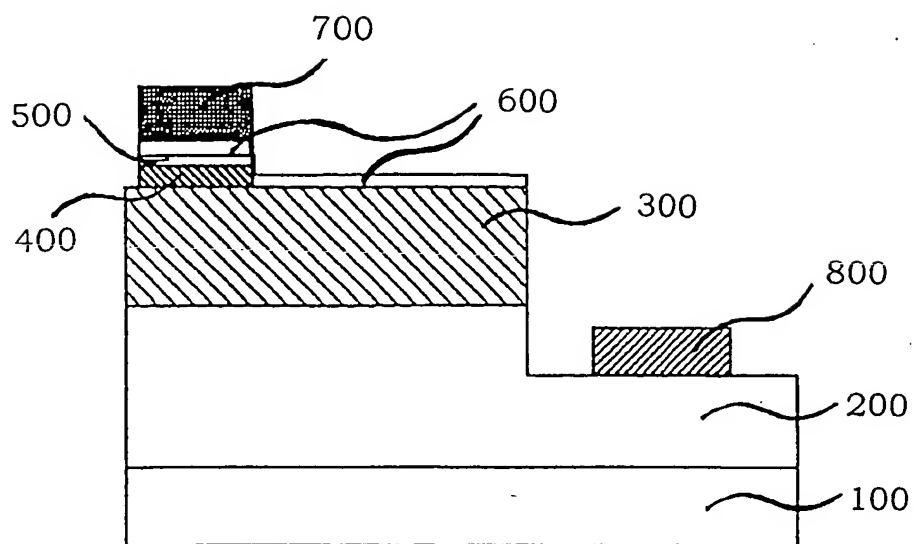


図 10



11



明 細 書

半導体発光素子

技術分野

本発明は、半導体発光素子に関し、より詳細には半導体層表面を発光透光面とする発光素子に関する。

背景技術

電流阻止機能を素子表面に有した半導体発光素子は、例えば、特開平 8 - 2 5 0 7 6 9 に提案されており、図 1 1 に示したように、サファイヤ基板 1 0 0 上に、N 型層（半導体層）2 0 0、
10 P 型層（半導体層）3 0 0 が積層され、P 型層 3 0 0 上に電流阻止領域と電流注入領域とが提供されて構成されている。

この半導体発光素子においては、電流阻止領域は、膜厚 3 0 0 n m 程度の電流阻止層（S i O₂）4 0 0 が形成されて構成されており、電流阻止層 4 0 0 上には膜厚 3 0 n m 程度のバリア層 5 0 0（T i，C r など）及び透光性電極 6 0 0 を介して
15 電流阻止層 4 0 0 と同一サイズのパッド電極 7 0 0 が形成されている。

また、電流注入領域は、電流阻止層 4 0 0 上に配置する透光性電極 6 0 0 と一体的に、つまり電流阻止層 4 0 0 を覆うよう
20 に透光性電極 6 0 0 が形成されて構成されている。

パッド電極 7 0 0 は、膜厚 1 0 0 0 n m 程度の金属の厚膜に

より構成されており、光は全く透過しない。一方、透光性電極 600 は、膜厚 10 nm 以下の金属の極薄膜から構成されているため、光をある程度透過することが可能である。従って、パッド電極 700 および電流阻止層 400 のない部分で、半導体層 300 から発生する光を容易に取り出すことができる。しかも、光を透過しないパッド電極 700 下方では、電流阻止層 400 を設けて電流を流さないため、全体としての発光効率を向上させている。

しかし、透光性電極 600 は、電流阻止層 400 の膜厚より非常に薄いため、電流阻止層 400 の側壁において、両者の段差に起因する断線が生じる。よって、パッド電極 700 と電流注入領域上に配置する透光性電極 600 とが連続的に接続されず、この部分において透光性電極 600 の抵抗が高くなるという問題が発生する。このため、パッド電極 700 からの電流を、電流阻止層 400 の側壁部分における透光性電極 600 を介して、P 型層 300 に効率的に注入できなくなり、ひいては、発生光を十分に発生させ、その発光光を効率的に取り出すことができる発光素子としての機能を果たさなくなるという問題が発生する。

20 発明の開示

----- 本発明者は上記の問題点を鋭意研究した結果、透光性電極の膜厚が、電流阻止層の側壁では水平面上における膜厚より $1/3 \sim 1/10$ 程度に薄くなること、さらに透光性電極の膜厚が

電流阻止層の膜厚の $1/10$ 以下になった場合に、断線が顕著になることを見出した。また、電流阻止層の側壁で、透光性電極の膜厚が 1 nm 以下となった場合には、透光性電極は高抵抗となり、電流を効率的に電流注入領域へ注入できなくなることを見出した。これらのことから、効率的な電流注入領域への電流の注入を実現しつつ、さらに発生光を透光性電極を介して効率的に取り出すことができる発光素子の構造を種々検討し、本発明を完成するに至った。

かくして本発明によれば、表面に電流阻止領域と電流注入領域を与える半導体層と、

前記電流阻止領域を構成させるために前記半導体層上に形成された電流阻止層と、

該電流阻止層上に形成されたパッド電極と、

前記電流注入領域を構成させるために前記半導体層上に形成された透光性電極とからなり、

前記パッド電極が、透光性電極と連結する電極連結部を有することを特徴とする半導体発光素子が提供される。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子で、
(a) は概略断面図、(b) は概略平面図である。

図 2 は、本発明の別の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の概略断面図である。

図 3 は、本発明のさらに別の窒化ガリウム系化合物半導体発

光素子で、（a）は概略断面図、（b）は概略平面図である。

図4は、本発明のさらに別の窒化ガリウム系化合物半導体発
光素子の概略断面図である。

図5は、本発明のさらに別の窒化ガリウム系化合物半導体発
5 光素子の概略平面図である。

図6は、図5における電流阻止層とパッド電極との配置を示
した概略平面図である。

図7は、本発明のさらに別の窒化ガリウム系化合物半導体発
光素子の概略平面図である。

10 図8は、図7における電流阻止層とパッド電極との配置を示
した概略平面図である。

図9は、本発明のさらに別の窒化ガリウム系化合物半導体発
光素子の概略平面図である。

図10は、パッド電極の水平面上の膜厚と側壁での膜厚との
15 関係を示した図である。

図11は、従来の窒化ガリウム系化合物半導体素子の概略断
面図である。

発明の実施の形態

本発明の半導体発光素子は、主として、半導体層と、電流阻
20 止層と、パッド電極と、透光性電極とからなる。また、これら
の半導体層等は、基板上に形成されていることが好ましく、さ
らに、パッド電極に対応する別の電極が半導体層又は基板上に
形成されていることが好ましい。

基板としては、通常発光素子の基板として使用されるものであれば特に限定されるものではない。例えば、シリコン、ゲルマニウム等の半導体基板、SiGe、SiC、GaAs、InGaAs等の化合物半導体基板、ガラス、サファイヤ、石英、
 5 樹脂等の絶縁性基板のいずれの基板を使用することもできるが、なかでも絶縁性基板が好ましい。また、別の電極は、通常の導電材料で形成されていれば、特に限定されるものではない。その膜厚は、素子の機能、機械的強度等を考慮して適宜選択することができる。

10 本発明における発光素子における半導体層は、少なくとも1つのpn接合を有するものであり、同じ組成の半導体層によるn層とp層とを積層するホモ構造の半導体層でもよいし、異なる組成の半導体層によるn層とp層とを2層以上積層するシングルヘテロ構造、ダブルヘテロ構造の半導体層でもよい。なお、
 15 半導体層は、中間層又はバッファ層を介して基板上に形成されてもよい。

半導体層としては、窒化ガリウム系半導体、例えば、GaN、InGaN、InN、AlN、AlGaN、 $In_sAl_tGa_{1-s-t}N$ ($0 \leq s, 0 \leq t, s+t \leq 1$) 等が挙げられる。な
 20 かでも、 $In_sAl_tGa_{1-s-t}N$ ($0 \leq s, 0 \leq t, s+t \leq 1$) が好ましい。これらの半導体層は、n型又はp型の不純物、例えば、シリコン、ゲルマニウム等又はマグネシウム、亜鉛、炭素等の不純物を $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度の濃度で含有するものが挙げられる。

半導体層は、公知の方法、例えば有機金属気相成長（MOCVD）法、分子線結晶成長（MBE）法、CVD法、等により形成することができる。また、不純物は、半導体層の形成と同時にドーピングしてもよいし、半導体層形成後、イオン注入や

5 熱拡散法によりドーピングしてもよい。

この半導体層は、矩形形状又はほぼ矩形形状で形成されることが好ましく、後述するように、主として、表面に電流阻止層と透光性電極とが形成されて、それぞれ電流阻止領域と電流注入領域とを提供する。

10 本発明の発光素子において、電流阻止領域は、半導体層上に電流阻止層が形成されることにより規定される。この領域は、半導体層の3～30%程度の面積を占めてなる。この電流阻止領域は、半導体層が矩形形状又はほぼ矩形形状で形成されている場合に、その隅又は隅近傍に、好ましくは半導体層の一角を

15 占める位置に形成されていることが好ましい。

電流阻止領域を構成する電流阻止層は、絶縁性誘電体材料で形成されていることが好ましく、例えば、酸化シリコン系材料、窒化シリコン系材料、酸化チタン系材料、酸化アルミニウム系材料の膜が挙げられるが、なかでもSiO₂、酸化チタンが好

20 ましい。この電流阻止層は、単層層又は積層層のいずれで形成されてもよい。その膜厚は、絶縁性を確保することができる膜厚であれば特に限定されるものではなく、例えば、150nm

程度以上が挙げられる。また、電流阻止層の膜厚の上限は、後述するパッド電極の2倍以下の膜厚、例えば4000nm程度

以下であることが好ましい。

電流阻止層は、公知の成膜方法、例えばシランガスと水素ガスとを使用したCVD法、スパッタリング法等、種々の方法により形成することができる。

- 5 本発明において、パッド電極は、主として電流阻止層上に形成されており、後述する電流注入領域上に形成される透光性電極と連結する電極連結部を有している。

- パッド電極は、後述するように、例えば外部からのワイヤと接続されることにより発光素子内部に電流を供給するためのものであるため、ワイヤがパッド電極に接続される際の、その下方に存在する電流阻止層及び半導体層への機械的ダメージを防止するのに十分な膜厚を有することが好ましい。一方、パッド電極の膜厚を厚くしすぎると、パッド電極を構成する材料に内在する歪みが大きくなり、パッド電極下方に存在する電流阻止層の剥がれや、電流阻止層を介して発光素子の結晶に欠陥を誘起させ、信頼性不良の原因となるため好ましくない。よって、パッド電極は、500～2000nm程度の範囲の膜厚が好ましい。
- 10
15

- なお、パッド電極の膜厚は、後述する電流注入領域上に形成される透光性電極と連結する電極連結部と断線することなく、一体的に形成されるように、電流阻止層の膜厚と同等以上にすることが最も望ましい。しかし、実際に行った実験によれば、
- 20

パッド電極（及び電極連結部）の膜厚が電流阻止層の膜厚の半分以上であれば、電流阻止層外周部での段差に起因する断線や

高抵抗化等の不都合は観測されなかった。

つまり、パッド電極（及び電極連結部）の膜厚が電流阻止層の膜厚の半分程度の場合において、パッド電極の水平面上での膜厚と電流阻止層の側壁での膜厚の関係を表した図 10 によれば、電流阻止層の側壁でのパッド電極の膜厚は、水平面上でのパッド電極の膜厚の $1/3$ 程度は確保される。このことから、パッド電極と電流阻止層とが $1:2$ 程度の膜厚～ $1:1$ 程度の膜厚の場合でも、電流阻止層の側壁におけるパッド電極の膜厚を十分確保することができ、パッド電極を電極連結部を介して透光性電極と確実に接触させることができる。

さらに、電流阻止層の膜厚がパッド電極の膜厚より大きい場合について検討を行った結果、電流阻止層の膜厚をパッド電極の膜厚の 3 倍以上にした場合には、電流阻止層の側壁でのパッド電極の膜厚が局所的に 2 nm 以下になる部分が出現する場合があります。よって、パッド電極に電極連結部を設けても、パッド電極と透光性電極との接続が十分に確保できず、ひいては発光素子の良品歩留まりが低減する。このことから、電流阻止層の膜厚は、パッド電極の膜厚の 2 倍程度以下、いいかえれば、パッド電極の膜厚は、電流阻止層の膜厚の半分程度以上であることが好ましい。

また、パッド電極は、導電性材料で形成されるのであれば、その材料は特に限定されるものでなく、例えば、アルミニウム、金、銅、ニッケル、銀、酸化物半導体（ITO 等）等により形成されていてもよい。

パッド電極の形状は、特に限定されるものでなく、電極連結部と一体的に三角形、四角形等の多角形であってもよいし、電極連結部を除く形状が電流阻止層とほぼ同一形状であってもよい。また、電極連結部は、上述のようにパッド電極と一体的に

5 多角形で形成されていてもよいし、パッド電極に対して、多角形等の凸部形状で形成されていてもよい。また、その大きさ（電極連結部を除く）は、電流阻止層とほぼ同一の大きさであってもよいし、電流阻止層の一部の領域を被覆しないように、電流阻止層より小さくてもよい。ここでパッド電極が電流阻止

10 層を被覆しない領域は、半導体層における発生光を取り出すことができる光取り出し部として機能させることができる。なお、この場合の光取り出し部は、電極連結部が形成された部分以外のパッド電極の外周領域の全てであってもよいし、その一部であってもよい。また、パッド電極の一部である電極連結部は、

15 パッド電極から透光性電極へ電流を効率的に注入するためのものであり、透光性電極と幅 $5 \mu\text{m}$ 程度以上で接続することが好ましく、言い換えれば、 $8 \sim 68 \times 10^{-6} \text{cm}^2$ 程度の接触面積を有していることが好ましい。

パッド電極は、外部との電氣的接続を行うためのワイヤが形成されていることが好ましい。このワイヤは、電流阻止領域から最短距離で発光素子外周へ延設されてなる、いいかえれば、

20 ワイヤが発光素子の半導体層上にオーバーラップしないように延設されてなることが好ましい。

また、本発明の透光性電極は、主として半導体層に直接接続

- して形成され、電流注入領域を構成する。また、透光性電極は、電流注入領域に効率よく電流を注入することができ、かつ半導体層からの発光を効率よく取り出す（例えば透光率30～100%程度）ことができる電極であり得る。なお、電流注入領域
- 5 上から電流阻止層上にわたって形成されていてもよい。透光性電極の材料は、上記透光率を有する材料であれば特に限定されるものではなく、例えば、ニッケル、アルミニウム、金、銅、銀、チタン、タンタル、鉛、パラジウム、白金等の金属、 SnO_2 、 ZnO 、ITO等の透明導電材料等を挙げることができる。これら材料は、単層膜又は積層膜のいずれで形成されていてもよい。その膜厚は、上記材料を使用した場合に適当な透光性を有するように適宜調整することができ、例えば、20nm程度以下であることが好ましい。一方、半導体層表面において、横方向に電流を均一化するために、透光性電極自身の横方向の
- 15 抵抗が半導体層に比べて十分に小さいことが必要であるため、4nm程度以上が好ましい。具体的には、 Ni/Au の積層膜を使用した場合には、2～10nm/2～10nm程度の範囲が好ましい。また、チタンの単層膜を使用した場合には2～20nm程度、さらには2～10nm程度の範囲が好ましい。
- 20 以下に、本発明の半導体発光素子の実施例を図面に基づいて詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

（実施例1）

本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の電極構造を

図 1 (a) 及び (b) に示す。

この発光素子は、絶縁性基板 1 上に、バッファ層 2、n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3、P 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 が順次積層され、発光面となる P 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 上に電流阻止層 6 及び透光性電極 5、電流阻止層 6 上に、透光性電極 5 に接続される電極連結部を有するパッド電極 7 が形成され、n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 上に n 型電極 8 が形成されてなる。

以下に上記発光素子の製造方法を説明する。

10 まず、サファイヤ基板 1 上に AlGaIn バッファ層 2、n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 を積層する。

次いで、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 上に、素子の一角部近傍に残存するように SiO₂ からなる膜厚 300 nm
15 の電流阻止層 6 を形成する。

次に、パターン化技術とエッチング技術を利用し、n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 が露出するまで P 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 の一部をエッチングする。

続いて、P 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 表面上と電流
20 阻止層 6 のほぼ全面を覆うように、膜厚 3 nm の Ni 層と膜厚 4 nm の Au 層の 2 層からなる透光性電極 5 を形成する。

次に、パッド電極 7 及び電極連結部となる Au 層を、電流阻

止層 6 及びその周辺を覆うように膜厚 800 nm で形成する。

すなわち、電流阻止層 6 を全て覆い、かつ電流阻止層 6 の 2 辺

において透光性電極 5 上にまではみ出すように形成する。なお、
本実施例においては、電流阻止層 6 の大きさを一辺 $100\ \mu\text{m}$
の四角形とし、パッド電極 7 の大きさを一辺 $110\ \mu\text{m}$ の四角
形とした。従って、パッド電極 7 は電流阻止層 6 の側壁を覆い、
5 かつ透光性電極 5 に直接連結する電極連結部を有することにな
る。

さらに、n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 上に Ti 膜及
び Al 膜からなる n 型電極 8 を形成し、発光素子を作製した。

このように、パッド電極 7 は、電流阻止層 6 より大きく形成
10 されているため、電流阻止層 6 の外周の約 $10\ \mu\text{m}$ の幅の線状
領域においてパッド電極 7 の電極連結部を介して、パッド電極
7 を電流阻止層 6 の存在しない領域上の透光性電極 5 に確実に
接続させることができた。

また、電流阻止層 6 の膜厚 ($300\ \text{nm}$) はパッド電極 7 の
15 膜厚 ($800\ \text{nm}$) より薄く設定したため、電流阻止層 6 の周
辺部において、電流阻止層 6 上のパッド電極 7 と電極連結部と
を確実に接続させることができた。このため、従来問題となっ
ていた電流阻止層 6 側壁における断線や高抵抗化を再現性良く
防止できた。

20 従って、パッド電極 7 から注入された電流は、電極連結部及
び透光性電極 5 を介して P 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4
に均一に注入され、発光素子として機能させることができた。

(実施例 2)

本発明の別の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を図 2 に

す示す。

この発光素子は、絶縁性基板 1 上に、AlGaInバッファ層 2、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4、n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 が順次積層され、発光面となる n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 上に窒化シリコンからなる電流阻止層 6、チタンからなる透光性電極 5、パッド電極 7 が形成されてなる。

この発光素子の製造方法を以下に説明する。

まず、サファイヤ基板 1 上に AlGaIn バッファ層 2、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4、n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 を積層する。

次に、n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 上に窒化シリコン電流阻止層 6 を膜厚 400 nm で形成する。

続いて、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 が露出するまで n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 の一部をエッチング除去する。

その後、n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 表面と電流阻止層 6 を覆うように、Ti からなる透光性電極 5 を膜厚 7 nm で形成する。

次に、電流阻止層 6 上及びその外周部にパッド電極 7 及び電極連結部となる Au 膜を 800 nm の膜厚で形成する。ここで、パッド電極 7 は電流阻止層 6 より大きく形成した。つまり、実

施例 1 と同様に、電流阻止層 6 は $100\mu\text{m} \times 120\mu\text{m}$ の長方形に、パッド電極 7 は $125\mu\text{m} \times 150\mu\text{m}$ の長方形とし、

パッド電極 7 が電流阻止層 6 の存在しない n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 上の透光性電極 5 に $25\mu\text{m}$ 幅から $30\mu\text{m}$ 幅の領域にて電極連結部を介して直接接続するようにした。

最後に、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 表面上に Ni 膜及び Au 膜からなる p 型電極 80 を形成し、発光素子とした。

上記発光素子においても、電流阻止層 6 の膜厚に対しパッド電極 7 を同程度以上とし、かつ、パッド電極 7 の一部として電流阻止層上からはみ出す電極連結部を形成したため、この電極連結部を介して確実にパッド電極 7 と n 型半導体層 3 上の透光性電極 5 とを接触させることが可能となり、電極部の断線や高抵抗化を防止することができた。

従って、本実施例においても、パッド電極 7 から注入された電流は、透光性電極 5 を介して n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 に均一に注入され、発光素子として機能させることができた。

(実施例 3)

本発明のさらに別の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を図 3 (a) 及び (b) に示す。

実施例 3 では、n 型導電性基板 60 上に、n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 が順次積層され、発光面となる p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 上に、酸化チタンからなる電流阻止層 6 及び透光性電極 5 が形成され、電流阻止層 6 上及びその外周部に、透光性電極 5 に接触する電極連結部を有するパッド用電極 7 が形成され、さ

らに n 型導電性基板 60 裏面に n 型電極 8 が形成されてなる。

以下に上記発光素子の製造方法を説明する。

まず、n 型 SiC 基板 60 上に、n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 を積層する。

5 次に、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 上の中央部分に酸化チタンからなる電流阻止層 6 を膜厚 100 nm で形成する。この際、電流阻止層 6 は一辺が 80 nm の正方形になるように形成した。

次に、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 表面と電流阻止
10 層 6 を覆うように、膜厚 2 nm の Ni 膜及び膜厚 5 nm の Au 膜からなる透光性電極 5 を形成する。

続いて、膜厚 1000 nm の Au 膜からなるパッド電極 7 及び電極連結部を電流阻止層 6 の上に形成する。この際、パッド電極 7 は、一辺が 100 μ m の正方形とし、かつ電流阻止層 6
15 の中心とパッド電極 7 の中心とが一致するようにした。

最後に、基板 60 裏面に n 型電極を形成した後、400 μ m 角にスクライブにより切り出し、発光素子とした。

このようにして作製された発光素子において、パッド電極 7 は、電流阻止層 6 より各辺で 10 μ m 幅だけ透光性電極 6 上に
20 到達する電極連結部を有する。よって、パッド電極 7 から注入された電流は、透光性電極 5 を介して p 型窒化ガリウム系化合物半導体層 4 に均一に注入され、発光素子として機能させるこ

とができた。

(実施例 4)

本発明のさらに別の半導体発光素子を図 4 に示す。

この発光素子は、p 型導電性 SiC 基板 61 上に、p 型窒化
ガリウム系化合物半導体層（発光層）4、n 型窒化ガリウム系
化合物半導体層 3 が順次積層され、発光面となる n 型窒化ガリ
ウム系化合物半導体層 3 上の中心部に、膜厚 150 nm の窒化
酸化シリコン膜（SiON）からなる電流阻止層 6 が形成され、
電流阻止層 6 以外の n 型窒化ガリウム系化合物半導体層 3 上に、
膜厚 5 nm のチタン膜の単層膜からなる透光性電極 5（発光層
4 からの光の透過率は 40%）が形成され、電流阻止層 6 上及
びその外周領域である透光性電極 5 上に、膜厚 2000 nm の
Al 膜からなるパッド電極 7 が形成され、さらに、p 型 SiC
基板 61 の裏面にチタン膜及び Al 膜からなる p 型電極 80 が
形成されてなる。

このような発光素子では、発光素子は一辺 300 μ m の正方
形、電流阻止層 6 を一辺 150 μ m の正方形、パッド電極 7 を
一辺 160 μ m の正方形としたので、電極連結部は、電流阻止
層 6 の外周領域において、約 5 μ m の幅で透光性電極 5 と接触
している。また、パッド電極 7 の膜厚は電流阻止層 6 の膜厚の
10 倍程度にしたため、電流阻止層 6 の側壁でのパッド電極の
電極連結部の断線は完全に抑制することができた。よって、断
線や高抵抗化が防止された発光素子を、歩留まり良く製造する
ことが可能となった。

（実施例 5）

本発明の他の発光素子を図 5 に示す。

この発光素子は、パッド電極 7 が電流阻止層 6 よりも小さく、電極連結部がさらに小さく構成されている以外は、図 1 の発光素子と同様である。

この発光素子の電流阻止層は一辺 $100\ \mu\text{m}$ の正方形で、膜厚は $400\ \text{nm}$ で形成されている。また、透光性電極 5 は膜厚 $3\ \text{nm}$ の Pd 膜及び膜厚 $4\ \text{nm}$ の Au 膜の 2 層構成である。

パッド電極 7 は膜厚 $800\ \text{nm}$ の Au 膜で形成され、図 6 に示すように、電流阻止層 6 の一辺でのみ電流阻止層 6 と重ならないように、 $100\ \mu\text{m} \times 80\ \mu\text{m}$ の長方形に形成されている。

10 この場合、電流阻止層 6 上に透光性電極 5 は積層されているがパッド電極 7 は積層されていない領域を 3 辺に幅 $10\ \mu\text{m}$ ずつ設けた。

この発光素子においても、前述の実施例と同様に、パッド電極 7 の膜厚が電流阻止層 6 の膜厚より大きいため、パッド電極 7 と電極連結部とが、電流阻止層 6 上から透光性電極 5 上へ連続的に、確実に接続され、断線や高抵抗化を防止することができる。

さらに、本実施例ではパッド電極 7 を電流阻止層 6 の 1 辺でのみその側壁を覆うように形成した。これは、パッド電極 7 は光を透過しないため p 型半導体層 4 に接触した透光性電極 5 上にパッド電極 7 が形成される領域を実施例 1 の場合に比べ $1/4$ 程度に小さくするためである。これにより、パッド電極 7 が位置するために取り出すことができない光を少なくすることができる。

また、このパッド電極 7 の電流阻止層 6 の側壁を覆う位置
(電極連結部が形成される位置) としては、電流阻止層 6 が形
成されている位置から見て、より発光領域 (透光性電極 5 が p
型半導体層 4 に直接接触している領域) が広い方向に選択され
5 ることが望ましい。よって、本実施例では、図 5 のように形成
した。これにより、より発光に寄与する部分に対して低抵抗で
電流を供給することができるため、発光効率の高い発光素子が
実現できた。

さらに、電流阻止層 6 外周領域の透光性電極 5 から p 型半導
10 体層 4 に注入される電流は、一般に p 型半導体層 4 内を垂直に
流れるのではなく、 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ 程度横方向に拡がりながら流
れる。このため、発光素子内部で光が発生させられる領域は透
光性電極 5 が p 型半導体層 4 に直接接触する領域に加えて、電
流阻止層 6 外周領域の電流阻止層 6 の内側部の幅 $1 \sim 10 \mu\text{m}$
15 程度の領域となる。このため、本実施例では、図 6 に示すよう
に、電流阻止層 6 の 3 辺の周辺を各 $10 \mu\text{m}$ ずつパッド電極 7
を形成しないことにより、この部分の直下で発光する光も電流
阻止層 6 を通して外部に取り出すことが可能となった。従って、
実施例 1 に比べて発光効率を $3 \sim 10\%$ 程度向上させることが
20 できた。

(実施例 6)

本発明の他の発光素子の平面図を図 7 に示す。

本実施例の発光素子は、図 3 に示した発光素子とパッド電極
7 の大きさ及び形成位置が異なる以外、ほぼ同様である。

本実施例の発光素子における電流阻止層 6 とパッド電極 7 の関係を図 8 を用いて説明する。

- 電流阻止層 6 は、膜厚 500 nm の窒化シリコンからなり、一辺 100 μ m の正方形で素子の中央に形成されている。一方、
- 5 透光性電極 5 は膜厚 2 nm の Ni 膜と膜厚 5 nm の Au 膜の 2 層により構成され、p 型半導体層 4 上と電流阻止層 6 上にわたって形成されている。また、パッド電極 7 は、膜厚 1000 nm の Au 膜により、図 8 に示したように、100 μ m \times 60 μ m の長方形にて中心を左にずらして形成した。これにより、
- 10 パッド電極 7 は電流阻止層 6 に対し 3 辺から 20 μ m の間隔を開けて形成され、かつ左方向において、電流阻止層 6 の段差部を横断し、電極連結部を介して、p 型半導体層 4 に直接接続する透光性電極 5 に連結している。

- この発光素子においては、電流阻止層 6 の側壁での断線や高
- 15 抵抗化を完全に防止することができるとともに、電流阻止層 6 の周辺内側部で発生する光を、パッド電極 7 が電流阻止層 6 上に存在しない 3 辺の領域から効率的に取り出すことができた。従って、発光効率の高い窒化ガリウム系化合物半導体発光素子が得られた。

20 (実施例 7)

本発明のさらに他の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の平面図を図 9 に示す。

本実施例の発光素子は、電流阻止層 6 とパッド電極 7 との形成位置が異なる以外、図 3 に示した発光素子とほぼ同様である。

- この発光素子においては、導電性のSiC基板を用いているため、素子上面には透光性電極5と電流阻止層6とパッド電極7のみが配置される。また、パッド電極7は、電流阻止層6に対し透光性電極5が直接半導体層と接触する領域に向けた2辺
- 5 において幅30 μ mだけ電流阻止層6外周領域に張り出す電極連結部を備えた形状とした。これにより、電流阻止層6の側壁での断線および高抵抗化を防ぎ、確実に電極連結部及び透光性電極5を通して、発光素子内部に電流を注入することが可能となった。
- 10 またここでは、実施例3および6とは異なり、パッド電極7と電流阻止層6とを発光層4上の隅部近傍に形成した。これにより、パッド電極7に対して給電を行なうためのワイヤ10が、発光領域として利用される透光性電極5が最表面に位置する部分を横断することなく、パッド電極7上で電氣的に接続するこ
- 15 とができる。よって、ワイヤ10に起因する発光層4からの発生光の遮断、ひいては発光パターンの不均一性を防止することができ、ほぼ均一な発光パターンを得ることができる。

- 本発明によれば、パッド電極が電極連結部を有し、パッド電
- 20 極がこの電極連結部を通して透光性電極と確実に接続されるため、従来問題となっていた電流阻止層の側壁における透光性電極の断線による発光素子への電流注入不可や素子の高抵抗化を
-
- 防止することができる。このため、パッド電極から注入された電流は、透光性電極を介して半導体層に均一に注入されること

となり、良好に動作する発光素子を歩留まりよく作製することが可能となる。

さらに、パッド電極が電流阻止層上の内側に形成され、パッド電極の外周領域において、パッド電極が形成されていない光取り出し部が形成されることにより、電流が、電流阻止層の存在する領域においても電流阻止層の周辺領域から広がって、電流阻止層直下の発光領域に注入される。よって、半導体層で発生する光を効率的にパッド電極に遮蔽されることなく取り出すことができ、発光効率を向上させることが可能となる。

10 また、パッド電極を発光素子の一つの隅に設けるとともに、ワイヤを透光性電極と半導体が直接接触する領域を横切ることなく形成することにより均一な発光パターンを得ることが可能となる。

請求の範囲

1. 表面に電流阻止領域と電流注入領域を与える半導体層と、
前記電流阻止領域を構成させるために前記半導体層上に形成された電流阻止層と、
- 5 該電流阻止層上に形成されたパッド電極と、
前記電流注入領域を構成させるために前記半導体層上に形成された透光性電極とからなり、
前記パッド電極が、透光性電極と連結する電極連結部を有することを特徴とする半導体発光素子。
- 10 2. 透光性電極が、4～20nmの膜厚、パッド電極が、500～2000nmの膜厚、電流阻止層が、150nm以上かつ前記パッド電極厚さの2倍以下の膜厚で形成されてなる請求項1記載の半導体発光素子。
3. 半導体層が矩形又はほぼ矩形形状で形成されており、電流
15 阻止層が、前記半導体層の隅又は隅近傍に形成され、かつ少なくとも電極連結部の一部が、前記隅に対向する領域に位置する請求項1又は2記載の半導体発光素子。
4. 電流阻止領域が、パッド電極が存在しない領域に光取り出し部を有する請求項1～3のいずれか1つに記載の半導体発光
20 素子。

5. 光取り出し部が、電流阻止層の端部から $5\mu\text{m}$ 以上の幅を有する請求項 4 に記載の半導体発光素子。

6. 半導体層が、少なくとも 1 つの pn 接合を有し、かつ $\text{In}_s\text{Al}_t\text{Ga}_{1-s-t}\text{N}$ ($0 \leq s$, $0 \leq t$, $s + t \leq 1$) からな

5 る窒化ガリウム系半導体から構成される請求項 1 記載の半導体発光素子。

7. 半導体層が矩形又はほぼ矩形形状で形成されており、パッド電極が、前記半導体層の隅又は隅近傍に形成され、その上部に外部との電氣的接続を行うためのワイヤを備えており、かつ

10 該ワイヤが、前記パッド電極上から最短距離で発光素子外周へ延設されてなる請求項 1 記載の半導体発光素子。

補正書の請求の範囲

[1998年8月24日(24.08.98)国際事務局受理：出願当初の請求の範囲3-8は補正された；新しい請求の範囲2が加えられた；他の請求の範囲は変更なし。(2頁)]

1. 表面に電流阻止領域と電流注入領域を与える半導体層と、
前記電流阻止領域を構成させるために前記半導体層上に形成された電流阻止層と、

該電流阻止層上に形成されたパッド電極と、

前記電流注入領域を構成させるために前記半導体層上に形成された透光性電極とからなり、

前記パッド電極が、透光性電極と連結する電極連結部を有することを特徴とする半導体発光素子。

2. (追加) パッド電極が、透光性電極の中央部又は角部近傍に形成されてなる請求項1記載の半導体発光素子。

3. (補正後) 透光性電極が、4～20nmの膜厚、パッド電極が、500～2000nmの膜厚、電流阻止層が、150nm以上かつ前記パッド電極厚さの2倍以下の膜厚で形成されてなる請求項1又は2記載の半導体発光素子。

4. (補正後) 半導体層が矩形又はほぼ矩形形状で形成されており、電流阻止層が、前記半導体層の隅又は隅近傍に形成され、かつ少なくとも電極連結部の一部が、前記隅に対向する領域に位置する請求項1～3のいずれか1つに記載の半導体発光素子。

5. (補正後) 電流阻止領域が、パッド電極が存在しない領域に光取り出し部を有する請求項 1～4 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

6. (補正後) 光取り出し部が、電流阻止層の端部から $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上の幅を有する請求項 5 に記載の半導体発光素子。

7. (補正後) 半導体層が、少なくとも 1 つの pn 接合を有し、かつ $\text{In}_s\text{Al}_t\text{Ga}_{1-s-t}\text{N}$ ($0 \leq s$, $0 \leq t$, $s+t \leq 1$) からなる窒化ガリウム系半導体から構成される請求項 1 又は 2 記載の半導体発光素子。

8. (補正後) 半導体層が矩形又はほぼ矩形形状で形成されており、パッド電極が、前記半導体層の隅又は隅近傍に形成され、その上部に外部との電氣的接続を行うためのワイヤを備えており、かつ該ワイヤが、前記パッド電極上から最短距離で発光素子外周へ延設されてなる請求項 1 又は 2 記載の半導体発光素子。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International application No.
 PCT/JP98/01135

 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl.⁶ H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 Int.Cl.⁶ H01L33/00

 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P	JP, 09-129930, A (Toshiba Corp.), May 16, 1997 (16. 05. 97), Par. Nos. [0019], [0032]; Fig. 14(b) (Family: none)	1, 6
A	JP, 08-250769, A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), September 27, 1996 (27. 09. 96), Par. No. [0014]; Fig. 3 (Family: none)	1-7
A	JP, 08-250768, A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), September 27, 1996 (27. 09. 96), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-7
A	JP, 06-338632, A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), December 6, 1994 (06. 12. 94), Fig. 3 (Family: none)	4, 7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

 Date of the actual completion of the international search
 June 11, 1998 (11. 06. 98)

 Date of mailing of the international search report
 June 23, 1998 (23. 06. 98)

 Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 98/01135

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ H01L 33/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ H01L 33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-1998年
 日本国登録実用新案公報 1994-1998年
 日本国実用新案登録公報 1996-1998年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P	J P, 09-129930, A (株式会社東芝), 16. 5月. 1997 (16. 05. 97), 段落番号【0019】、【0032】、図14 (b) (ファミリーなし)	1, 6
A	J P, 08-250769, A (豊田合成株式会社), 27. 9月. 1996 (27. 09. 96), 段落番号【0014】、図3 (ファミリーなし)	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 06. 98

国際調査報告の発送日

23.06.98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉野 三寛 印

2 K

9010

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1992年7月)